調査・研究報告書の要約

書　　名	平成 17 年度　食品機械の安全設計対応に関する調査研究報告書 ―国際安全規格利用手引き　機械安全編―				
発行機関	社団法人　日本機械工業連合会　・　社団法人　日本食品機械工業会				
発行年月	１８年　３月	頁　数	２５９頁	判　型	Ａ　４

〔目　次〕

本　編

序　章

はじめに

事業運営組織

用語の定義と略語

第 1 章　事業の概要

1.1　食品機械の安全・衛生設計基準

1.2　事業の概要

1.3　本書の内容

第 2 章　特別寄稿－安全：ヨーロッパの考え方・日本の考え方

2.1　はじめに

2.2　EU における安全責任

2.3　日本における安全責任

2.4　箱ブランコ裁判

2.5　三菱自動車のリコール隠し

2.6　BSE 騒動

2.7　おわりに

第 3 章　規格に基づく食品機械の安全設計手順

3.1　規格が求める安全設計、及び規格の役割

3.1.1　機械類の安全規格

3.1.2　機械類の安全規格が求める安全設計

3.2　安全設計の手順

3.2.1　国際安全規格が定める安全設計手法

3.2.2　仕様の決定
3.2.3　危険源の同定、リスクアセスメント
3.2.4　3 ステップ法によるリスク低減
3.2.5　規格に基づく安全設計手順と本書の記載事項
第 4 章　機械的な危険源と危険状態
4.1　危険源
4.1.1　危険源と危険状態
4.1.2　リスク変動による危険源の分類
4.2　危険源の概要
4.2.1　機械的な危険源
4.2.2　食品機械のエミッションに関する主な危険源
4.2.3　食品機械の人間工学的な主な危険源
4.2.4　食品機械の設置環境による主な危険源
第 5 章　リスク低減方策利用の手引き【機械安全】
5.1　本質的安全設計－機械要素的方策
5.1.1　安全に配慮した幾何学的形状、保全性
5.1.2　安全に配慮した物理的側面
5.1.3　ポジティブな機械的作用原理の適用
5.1.4　安定性
5.1.5　感電保護
5.1.6　空液圧に対する保護
5.1.7　ハザードへの暴露機会の制限
5.1.8　始動、起動、停止
5.1.9　設置環境を考慮した設計
5.2　本質的安全設計－人間工学的方策
5.2.1　作業者の精神的負荷に対する保護方策
5.2.2　手による重量物の取扱い
5.2.3　手動制御器(アクチュエータ)の位置と動作に対する保護
5.2.4　リスク低減のための視覚・聴覚によるシグナル
5.2.5　上肢(手や腕)の危険区域到達防止のための安全距離
5.2.6　下肢(足や脚)の危険区域到達防止のための安全距離
5.2.7　危険箇所の最小隙間

5.2.8　人間工学的設計のための人体寸法
5.2.9　身体の接近速度に基づく保護設備の位置決め
5.2.10 接触可能な表面温度
5.3　安全防護・付加保護方策　－保護方策の選択－
5.3.1　付加保護方策の選択
5.3.2　検知保護設備の選択と実施
5.4　安全防護・付加保護方策　－保護ガード(カバー)－
5.4.1　ガードの設計と製造
5.4.2　固定式ガード
5.4.3　可動式ガード
5.4.4　調整式ガード
5.5　安全防護・付加保護方策－エミッションの低減－
5.5.1　騒音対策
5.5.2　振動対策
5.6　安全防護・付加保護方策－その他の保護方策－
5.6.1　非常停止装置
5.6.2　捕捉された作業者の脱出及び救助
5.6.3　遮断・エネルギの消散・エネルギの制限
5.6.4　機械への安全な接近
5.6.5　燃焼安全
附属書 1.　食品機械の安全・衛生設計に関係する主な規格
附属書 2.　危険源に対応する保護方策要求事項
附属書 3.　危険源に対応する保護方策
引用・参考図書

〔要　約〕

食品機械産業に深く関係する法律の一つに、「労働安全衛生法」がある。同法の第二十八条の二に規定する指針に、リスクアセスメントに基づくリスク低減措置等が盛り込まれ、今後一層、ISO12100 をはじめとする国際安全規格への遵守が社会的に求められると考えられる。国際安全規格は、3 つの階層による体系を構成しており、この階層に属する全ての規格は有機的に関連し相互を補完する内容となっている。そのため、現在多くの業界において、従来のチェックリスト的な内容を改め、国際安全規格に基づく内容へと、規格の改

正が進められている。

食品機械産業については、関連 JIS の改正作業に平成 7 年より取り組み、すでに 9 種類の“食品機械 JIS シリーズ”は ISO12100 への対応を完了している。これらの規格は改正により国際安全規格の体系の一部となったことから、他の関連規格が定める要求事項は全て省き、それらの規格を参照するよう定めている。そのため、企業が食品機械 JIS を用いる場合は、規格に基づく設計方法や百種類を超える関連規格の中から必要な規格を調べる方法等の理解が不可欠となった。そこで食品機械・装置の設計製造に携わる技術者の安全設計に対する取り組みを支援するため、食品機械に関わる国際安全規格の概要、利用方法、解釈等を解説すると共に、規格検索にも容易に利用できる「手引き書」の作成に取り組んだものである。当該調査は、食品機械に限定する規格について行ったものであるが、関連する規格の数が多いため、本年度は“機械安全”に関する規格を中心に報告書へ取りまとめた。

１．第 1 章　事業の概要

(1) 食品機械の安全・衛生設計への取り組み、事業目的、事業

食品機械に関する JIS 規格は、通則をはじめとする 9 種類のシリーズ規格より構成される。平成 7 年よりこれら食品機械 JIS に対する改正作業に取り組み、平成 17 年に全ての改正が完了した。改正食品機械 JIS は、ISO12100 を中心とする国際安全規格の体系に整合することを第一の目的としたものである。従って、機械の製造者がこれら一連の規格に基づく設計に取り組むためには、リスクアセスメントを実施し、3 段階に分類したリスク低減方策の採用を客観的根拠に基づき検討しなければならない。(社)日本食品機械工業会(以下、日食工)では、国際安全規格に基づく食品機械の設計・製造を広く業界に浸透させるため、JIS 規格に基づく安全化に不可欠な作業である“リスクアセスメント”の実施方法を解説したマニュアル、そして残留リスク情報を取扱説明書を用いて使用者へ開示するためのガイドライン等、の作成に取り組んできた。

平成 17 年度に取り組んだ安全設計対応に関する調査研究事業は、平成 7 年から続く上記事業の流れを引き継ぐもので、3 段階のリスク低減方策や規格の使い方、解釈等についてとりまとめた。当該事業は、(社)日本食品機械工業会が(社)日本機械工業連合会より環境・安全対策のテーマの一つとして受託、実施したものである。

当該事業は、機械類の安全性に対する社会的要求の高まりに応えるだけでなく、食品機械の更なる安全衛生化構造を促進することにより、我が国の食品機械産業の一層の国際競争力強化に資するものと期待される。

また、事業の実施にあたり、日食工に「食品機械の安全設計対応に関する調査研究委員会」を設置し、その下部に適宜少人数による調査グループを設け、調査研究に取り組んだ。

(2) 本書の内容

機械類の安全性に関する国際規格は3階層からなる体系を構成している。多くの機械に共通するリスク低減方策に関する規格は、タイプBの階層にまとめられている。これらタイプBに分類される規格は、主なものだけでも百種類を超える膨大な数にのぼり、食品機械のリスク低減方策に関連する規格は、これらの数十種類が該当する。このように多数の規格がそれぞれ引用関係にあり、一見複雑に思えてしまうことが、ISO/IEC や JIS の利用を妨げる大きな要因の一つとなっている。本書は、食品機械の技術者が多数の規格から必要とする規格を容易に探すためだけでなく、ISO 12100 に従った設計の手順、及び規格要求事項の解釈に関する解説も含めており、国際規格を利用するための“手引き書”として利用できるよう心がけた。

タイプA規格であるISO 12100は、規格体系の要であり、機械のリスク低減活動はこの規格要求の対応からはじまる。本書に記載するリスク低減方策に関する規格の概要と解釈は、ISO 12100 が示す手順にしたがい、分類を行った。なお、リスク低減方策は、機械安全、電気・制御安全、衛生安全、の3要素に大別できる。タイプB規格を中心とするリスク低減方策を定めた規格は膨大な数にのぼるため、本書では機械的要素を中心に扱うこととし、電気・制御、衛生の各要素については今後引き続き、順次調査研究に取り組む予定である。

２．第２章　特別寄稿　安全：ヨーロッパの考え方・日本の考え方

機械類の安全性に関する国際規格の多くは、欧州規格(EN規格)をベースにしている。欧州では世界に先駆け、安全に対する考え方や技術について科学的な体系を築き上げてきた。今後さらに欧州の安全に対する考え方が世界に浸透し、いずれ各国の法規にも影響を及ぼすものと思われる。

この章は、我が国で唯一安全工学の教育に取り組む、長岡技術科学大学の名誉教授、田中先生より特別に寄稿して頂いたものである。ここでは、欧州と日本の安全に関する考えの違いを対比し、今後我が国が安全対策として認識すべき事項について提言を行っている。欧州と日本の安全に対する考え方を対比するために 1997 年神奈川県で起きた箱ブランコによる幼児死亡事件の裁判、及び三菱自動車のリコール隠しを主な事例として取り上げ、解説を行っている。

３．第３章　規格に基づく食品機械の安全設計手順

平成７年から改正作業に取り組んだ食品機械 JIS は(JIS B 9650～B 9658)、平成 17 年 10 月に９規格全ての改正が完了した。この改正作業は、ISO/IEC が作成したガイド 51 が定めた３階層による体系の「タイプＣ規格」に適合させることを主目的としたものである。そのため国際安全規格の体系との整合化をはかった改正食品機械 JIS は、この規格単独では使用することができなくなった。

その主な理由はガイド 51 が定めた機械類の安全性に関する規格の体系化構造にある。設計者は食品機械 JIS だけを見て、その要求事項への適合を検討するのではなく、機械類の安全性に関する基本概念を定めた ISO 12100 の原則を満たすことを検討しなければならない。旧食品機械 JIS は、要求事項をチェックリストとして使用し、全ての項目への適合を容易に確認することができた。しかし、改正によって、ISO12100 が示すようにはじめにリスクを科学的に見積り、仕様として示された残留リスクレベルとするために、最適な方策を検討し、実施した方策の妥当性について検証しなければならない。規格はリスク低減のためのテクニックを提示しているだけであり、規格が示す全ての要求事項をそのまま採用することを求めていない。食品機械 JIS は、リスク低減を行うための一つのツールでしかない。

多くの機械に共通するリスク低減方策は、全てタイプＢ規格として独立した規格となっている。これらのＢ規格が定める事項は食品機械 JIS から全て省き、要求事項の重複を避けている。そのため、これら関連するＢ規格を参照せずに、食品機械 JIS のみで、規格に適合した機械を製造することはおよそ不可能である。また、タイプＡ規格である、ISO 12100 の要求事項は、採用する技術内容の具体的記載は少なく、多くは「～を考慮する」「～を避ける」という曖昧な表記となっている。それは、例え同じ機械であっても、使用法、使用環境等の条件が異なれば、危険源やリスクが異なるため、具体的な構造を示すことができないからである。従って、設計者は適切な保護方策を採用する事により、規格が求める状態であることの妥当性を自ら確認しなければならない。

第３章は、以上のように食品機械 JIS を使用するために必要な、リスク低減に対する考え方、手順等についてその概要を示している。

４．第４章　機械的な危険源と危険状態

安全方策の採用によるリスク低減は、正確に危険源を把握することにより達成することができる。いくら規格や安全方策の知識が豊富であっても、危害をもたらす危険源を正確

に同定できずに見逃してしまえば、後工程に位置するリスクアセスメント以降の、設計・製造プロセス等で、安全方策が追加されることはあり得ないからである。

また、機械に潜在する危険源は、直接目に見えるものだけではなく、制御機器の論理性を含めて確認を行わなければ正確な結果を得ることはできない。しかし本書は機械構造を中心としたリスク低減対策を中心としているので、第 4 章では心理的な側面も含めた「機械的危険源」を主に取りまとめた。制御回路の論理や衛生構造等は、改めて取り上げる予定である。

正確に全ての危険源を見つける作業は、多くの知識と経験を要する。また、機械を用いて全ての部品の単一故障とそれら部品の多重故障の組み合わせから故障モードを特定する FMEA を全ての中小企業が実施する事は不可能である。危険源の同定を含めたリスクアセスメントは、比較的多くの人が容易に行える普遍性がなければ、実用的とは言えない。そこでリスクアセスメントの原則を定めた ISO 14121 では、チェックリストを用いて危険源を同定できるよう、附属書として資料を付けている。チェックリスト法は、他の手法に比べ、比較的容易に作業を行うことができる最も簡便で一般的な手法として知られている。

第 4 章では、技術者が ISO 14121 が示す危険源リストを用いた危険源の同定を行う際、危険源に作業者がアクセスすることによってもたらされる危険状態を明確にイメージできるよう、イラストを併用し具体的に解説を行った。

危険源と危険状態に関する事項は、本来リスクアセスメントに関するものであるが、安全設計手順の一環として本書に章を設けた。第 4 章はリスクアセスメントの参考資料としても利用できる。

５．第 5 章　リスク低減方策利用の手引き

本章は、数百もの規格から構成される機械安全規格体系の中から、食品産業に携わる技術者が参照を必要とする規格を容易に探し出し、食品産業において ISO/JIS 規格の利用を一層促進することを目的とする手引きである。

ISO 12100 が定める安全化のための各種方策の多くは、方策ごとに単独の規格として制定されている。本章では、安全方策のうち、食品機械の設計において最も利用頻度が高いと考えられる規格の概要、具体的な実施例、そして関連するその他の規格といった情報をまとめた。

本稿では、主に次の 9 つの項目を扱っている。

(1) 本質的安全設計－機械要素的方策

機械の安全設計に取り組む際、ISO 12100-1 5.5 において定める、「本質的安全設計」に

よるリスク低減を第1ステップとして最も優先しなければならない。DIN(ドイツ国家規格)やBG(ドイツ労働障害保険組合)の規格では、“幾何学的形状”“エネルギの制限・遮断”等、ライフサイクルにおける故障による安全機能の喪失が生じない安全方策を「直接的安全技術」とし、それ以外のガードや機械的制御による安全方策を「間接的安全技術」として分類している。

「間接的安全技術」は、経年劣化や故障等の原因により確率的に安全機能喪失が考えられるため、「直接的安全技術」は最も優先的に採用すべき方策となる。「本質的安全設計」はライフサイクルの期間に渡って機能喪失が生じることがなく、リスクレベルが何かの突発的な故障により突如急上昇するようなことはない。しかし、ISO 12100 が定める本質的安全設計は、直接的な安全技術である「装置の幾何学的構造」の他に間接的な安全技術に含まれる「制御システム」など、幾つかの要求項目を含めている。制御システムは、機械の最も重要な要素の一つであるため、多くの規格が整備されている。そのため、ここでは制御システムを省き、機械的な機構、及び構造のみ記載した。制御システムについては、改めて別冊として取りまとめる予定である。

(2) 本質的安全設計－人間工学的方策

本稿ではISO 12100に記載される本質的安全設計の“人間工学”に関する事項について記載する。本質的安全設計における“人間工学的方策”とは、各種制御装置が配置される位置や、ハザードに対する安全距離だけではない。作業者が作業中、「ついうっかり」、あるいは心理学的にハザードへ「無意識に」手を出したくなるような現象の発生、そして作業者へ作業時に求める姿勢、情報伝達方法等も重要な要素である。設計者は、これらすべての人間工学的検知より考えることができるリスクの低減方策を考慮しなければならない。

(3) 安全防護・付加保護方策　－保護方策の選択－

ISO 12100 では、合理的な理由により本質的安全設計によってハザードの除去、あるいはリスクを許容レベルまで低減することができない場合、設計者が次に取るべき行動として「付加保護方策によるリスクの低減」の実施を定めている。

付加保護方策の代表例は「保護ガード」であるが、それ以外にも両手操作等の制御に関する方策や、光カーテンといった検出器類等、多岐に渡る。これら多くの付加保護方策は、対象とするハザードの種類や、ハザードへのアクセス方法により適切に使い分けなければならない。ここでは、付加保護方策選択のための考え方を示す。

(4) 安全防護・付加保護方策　－保護ガード(カバー)－

リスク低減に用いる安全方策のうち、最も代表的なものが「保護ガード」である。保護ガードには囲いガード、距離ガード、調整式ガード、インタロック付きガード、施錠式ガード、制御式ガード等、複数の種類が存在する。これらのガードを用いる際は、危険源とそのリスクに応じて最も適切なガードを選択しなければならない。

そのためには、危険源と危険状態の特徴、そしてそれぞれのガードが持つ長所と短所の適切な理解が不可欠である。本稿では、主なガードの設計・製造に関する事項、適切なガードの選択方法、及びそれぞれの主なガードに関する特徴等について示す。

(5) 安全防護・付加保護方策　－エミッションの低減－

食品機械の定常操作中に放出されるハザードには、騒音、振動、食品から生じるガス、食品材料等がある。近年、欧米における労働安全に関わる法規では、これらエミッションのうち、騒音、振動に対する規制が強化されている。騒音は、長期間 85dB(A)以上の音圧レベルに作業者がさらされると、難聴障害を引き起こすことが知られている。そして、一度難聴になると、二度と聴力は快復しない。

振動は、作業者の神経系に障害を与えるだけでなく、騒音の発生源にもなる。そのため、騒音を低減させるための重要な方策の一つとして振動制御が上げられる。

以上のことから、ここでは作業者に重大な影響を与える恐れのある「騒音」と「振動」に対する保護方策について主に取りまとめた。

(6) 安全防護・付加保護方策　－その他の保護方策－

食品機械の設計・開発において検討しなければならないリスク低減方策は多岐に渡る。最も優先的に検討しなければならない方策は、前記(1)～(5)に記したものであるが、これらはいずれも作業者が危険状態に陥ることを防止するための方策である。しかし、万が一作業者が危険状態に陥ってしまった場合、危害を回避する手段を備えていれば、事故の発生を防止できる可能性は高まる。この「回避の可能性」は、リスクレベルを決定する重要なファクターである。

本稿では、本質的安全設計、不可保護方策を講じた後、さらに万が一に備えた「非常停止装置」「捕捉された作業者の脱出」等を中心とした保護方策について取りまとめた。一部接近のための手段や、安全な燃焼のための要求など、本質的安全設計、付加保護方策に分類される事項も例外として「その他の保護方策」に含めている。

(7) 附属書

「リスク低減方策利用の手引き」には、次の附属書を添付している。

①食品機械の安全・衛生設計に関係する主な規格

「手引き」では、多数の代表的な関連規格について解説しているが、食品機械に関係する規格は 100 種類を超える。これらの多くは、EN 規格がベースとなり ISO/IEC 規格となったものである。そのため、当該報告書を利用する技術者の参考資料として、食品機械に関係があると思われる ISO/IEC 規格と、その規格に対応する EN 規格、JIS 規格を一覧として取りまとめた。

②危険源に対応する保護方策要求事項

リスクアセスメントの実施は、多くの場合 ISO14121 の附属書 A に示される危険源リストを用いて同定作業を行う。ここでは、このリストが上げる危険源ごとに、リスクを防止するために有効と思われる保護方策を定めた ISO12100 の項番号、並びに関連する EU 機械指令をまとめ、一覧とした。

③危険源に対応する保護方策

この附属書は、ISO14159 附属書 A の危険源ごとに、ISO12100 が示す保護方策に関する主なタイプ B 規格と、その要求事項の概要をまとめたものである。技術者が危険源から、リスク低減に利用できる規格を検索できるよう考慮した資料である。

以上の本報告書が、食品機械の安全化に取り組む技術者にとって、少しでも参考に寄与すれば幸いである。

KEIRIN

この事業は、競輪の補助金を受けて実施したものです。